

Optimasi Isolasi Sistem Perpipaan Pada Sistem Air Panas Pada ORC Solar Kolektor

Solikhin¹, Tachli Supriyadi¹, Gatot Eka Pramono¹
¹ Pogram studi Teknik Mesin,
Fakultas Teknik, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Corresponding author: Solikhin.ch@gmail.com

Abstrak: *Isolasi thermal* merupakan metode atau proses yang digunakana untuk mengurangi laju perpindahan panas. Konstruksi instalasi pipa air panas, bahan pipa dan bahan isolasi yang digunakan akan menentukan kualitas aliran fluida kerja. Instalasi suatu isolasi pada alat uji aliran fluida dalam pipa air panas merupakan komponen utama dalam menjaga dan mendapatkan kesetabilan aliran panas fluida yang dibutuhkan. Aliran yang terdapat pada pipa saat pengujian adalah aliran laminar dan turbulen. Uap panas merupakan sumber utama dalam mengolah produksi, aliran pipa uap panas selalu dipengaruhi udara bebas, karena itu harus dilakukan pemilihan bahan isolasi yang sesuai spesifikasi yang dibutuhkan dalam rangka mendapatkan fungsi yang efektif dan efisien dalam menjaga dan mempertahankan panas pada pipa air panas. Untuk menentukan bahan yang paling tepat dalam mengurangi kehilangan panas pada pipa air panas, analisa dilakukan dengan menghitung jumlah kehilangan panas tanpa menggunakan bahan isolasi dan menggunakan isolasi dengan ketebalan bervariasi yaitu dengan ketebalan 10 mm dan 12 mm. Proses analisa dilakukan pada suhu tertentu yang dibutuhkan yaitu 50°C, 60°C dan 70°C.

Kata kunci: *ORC Solar Kolektor, Isolator thermal, Heater, Pipa air panas*

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan manusia membutuhkan energi dalam melakukan *aktivitas* sehari-harinya. Kebutuhan energi tersebut semakin meningkat sesuai dengan cepatnya pertumbuhan manusia. Maka dari itu semakin meningkatnya kebutuhan energi untuk melakukan *aktivitas*, semakin meningkat pula energi yang digunakan oleh mahluk hidup. Hal ini mengakibatkan ketersediaan energi di bumi ini semakin menipis. Permasalahan itu sendiri timbul karena perilaku manusia sebagai mahluk hidup yang sangat memiliki rasa ketergantungan pada satu atau beberapa sumber energi, seperti halnya minyak bumi dan batu bara. Pada umumnya sumber energi dibagi menjadi dua, yaitu energi yang dapat di perbaharui dan energi yang tidak dapat diperbaharui.

Dalam beberapa tahun terakhir banyak dilakukan sebuah penelitian yang *intensif* terhadap perangkat *siklus rankine organik*. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya kebutuhan akan sebuah teknologi utama untuk mengkonversikan sumber energi panas dengan *temperature* rendah kedalam sebuah system tertentu. Teknologi *Organic Rankine Circle (ORC)* memiliki cara kerja yang mirip dengan sebuah *system siklus konversi* energi uap *konvensional*.

Sistem Isolasi pada pipa air panas pada ORC solar kolektor bertujuan untuk mempertahankan panas fluida di dalam pipa aliran air panas serta untuk mendapatkan hasil dari sistem isolasi dalam mengurangi kehilangan panas pada pipa.

Sesuai dengan latar belakang dalam penelitian tersebut, maka dapatdirumuskan masalah dalam optimasi isolasi sistem perpipaan pada sistem air panas padaORC solar kolektor,, yaitu : Bagaimana menganalisa *Isolasi thermal* pada sistem *ORC Solar Kolektor*. Bagaimana kemampuan *Isolasi thermal* dalam sistem *ORC Solar Kolektor* dalam menjaga suhu *fluida* dalam pipa.

Tujuan dari penelitian yaitu : Untuk menghasilkan data data jumlah kehilangan panas atau *lost thermal* pada perpipaan air panas tanpa isolasi dan dengan isolasi ketebalan 10 mm dan 12 mm dengan material *polyurethane*. Untuk

mendapatkan data data yang diperoleh sehingga dapat dianalisa jumlah panas yang keluar dalam pipa isolasi pada ORC solar kolektor.

2. METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *isolasi* pada pipa air panas *ORC Solar Kolektor* menggunakan bahan isolator *polyurethane*. dan bahan – bahan pendukung lain akan ditunjukan pada tabel berikut ini

No	Nama bahan	Jumlah	Ukuran
1	Kabel	5 m	5 m
2	<i>Polyurethane</i> tebal 10 mm	2 lembar	10 mm
3	<i>Polyurethane</i> tebal 12 mm	2 lembar	12 mm
4	<i>Alumunium Foil</i>	2 m	2 m
5	Lem <i>Dextone</i>	2 pcs	2 Pcs
6	Kabel <i>Ties</i>	1 pack	20 cm
7	<i>Superlon</i> 10 mm	3 pcs	10 mm
8	<i>Superlon</i> 12 mm	4 pcs	12 mm
9	Lem <i>aibon</i>	3 pcs	3 Pcs



Gambar : ORC Solar Kolektor dengan material Polyurethane (Warna hitam)

Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian dan penelitian *isolasi thermal ORC Solar Kolektor* diantaranya sebagai berikut :

Data logger, Termokopel, Pressure gauge, dan Heater.

- 1. *Data logger* untuk merekam data data pada waktu pengujian temperatur.

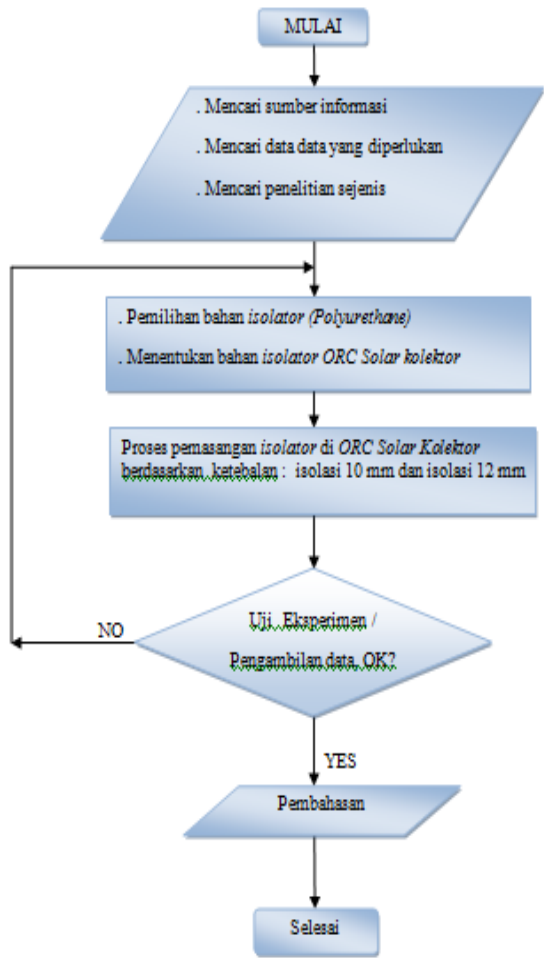


Gambar : Data logger

- 2. *Termokopel* untuk mendeteksi suhu temperatur pada bagian yang di teliti.
- 3. *Pressure gauge* untuk mengetahui aliran debit air dalam pipa.
- 4. *Heater* untuk meningkatkan suhu temperatur dan menjaga suhu temperature

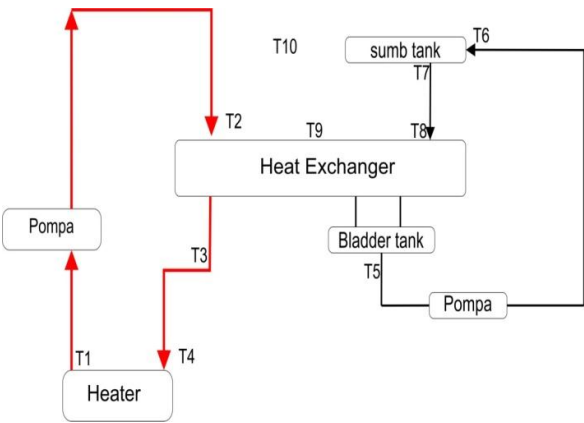


Gambar : Heater



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan uji eksperimen pada pengujian tanpa isolasi, isolasi 10 mm dan isolasi 12 mm didapatkan data data temperatur dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini dan gambar titik pengujian ORC Solar Kolektor.



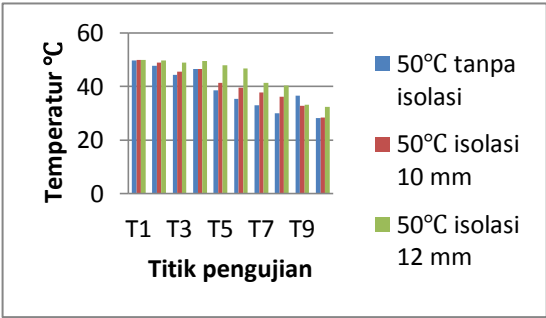
Tabel 3.1 : Hasil pengujian temperatur *ORC Solar Kolektor*

Tanpa Isolasi	Pipa 1		Pipa 2							
Temperatur °C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
50	49.75	47.7	44.45	46.51	38.5	35.5	32.96	29.95	36.53	28.18
60	59.8	57.48	52.2	54.25	40.51	36.92	34.4	30.79	38.9	28.91
70	68.34	64.69	57.45	59.2	40.61	38.24	37.73	33.84	39.1	29.31
Isolasi 10 mm	Pipa 1		Pipa 2							
Temperatur °C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
50	49.99	49.01	45.51	46.59	41.32	39.52	37.79	36.15	32.76	28.48
60	59.95	58.83	56.3	57.34	43.58	40.76	40.22	37.95	34.04	28.52
70	69.21	66.34	57.75	59.37	44.09	42.25	42.31	40.21	35.42	30.15
Isolasi 12 mm	Pipa 1		Pipa 2							
Temperatur °C	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
50	50	49.68	48.85	49.56	47.9	46.74	41.41	40.43	33.15	32.5
60	59.99	59.66	52.13	53.06	50.53	48.39	44.56	42.8	33.53	34.01
70	69.71	66.89	58.46	59.6	51.37	50.54	48.13	46.56	35.1	35.8

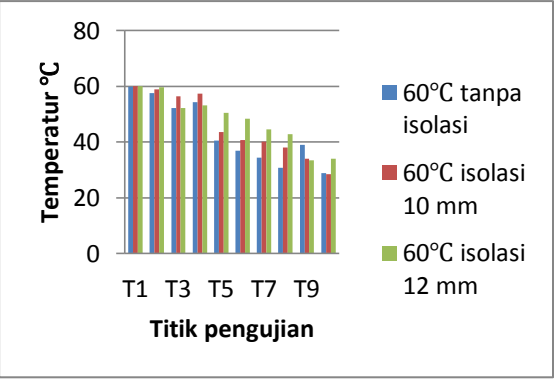
Berdasarkan tabel penelitian dan pengujian diatas adalah :

- 1 . Pipa 1 yaitu T1 – T2 panjang pipa 3,50 m
- 2 . Pipa 2 yaitu T3 -T4 panjang pipa 1,35 m

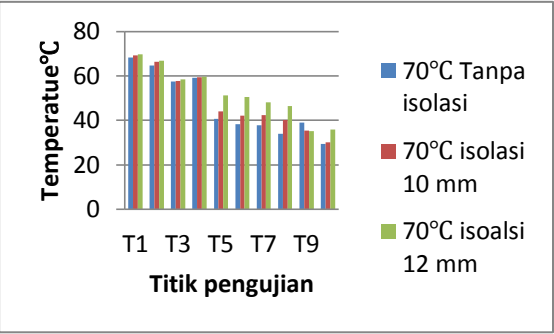
maka didapatkan gambar grafik sebagai berikut



Gambar 3.1: Grafik isolasi temperatur 50°C



Gambar 3.2 : Grafik isolasi temperatur 60°C



Gambar 3.3 : Grafik isolasi temperatur 70°C

Menentukan perhitungan nilai q secara teoritis
 Dari data ORC Solar Kolektor diketahui :

$$R_1 = 0,012 \text{ m}$$

$$R_2 = 0,017 \text{ m}$$

$$R_3 \text{ isolasi } 10 \text{ mm} = 0,027 \text{ m}$$

$$R_3 \text{ isolasi } 12 \text{ mm} = 0,029 \text{ m}$$

$$K \text{ Polyurethane} = 0,022 \frac{W}{m.K}$$

$$K \text{ Besi baja} = 79,5 \frac{W}{m.K}$$

$$K \text{ fluida} = 0,6 \frac{W}{m.K}$$

1. Menentukan nilai kehilangan panas (q) pada pipa 1 temperatur 50°C tanpa isolasi

$$q = \frac{2\pi.K.L(T_i - T_\infty)}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}$$

$$= \frac{13,18 (21,57)}{\ln 1,4}$$

$$= \frac{284,29}{0,336}$$

$$= 846,10 \text{ W}$$

2 . Menentukan nilai kehilangan panas (q) pada pipa 1 temperatur 50°C isolasi 10 mm

$$q = \frac{2\pi.L(T_i - T_\infty)}{R_{\text{total}}}$$

dimana $R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3$

$$R_1 = \frac{1}{A_1 \times h_1} = \frac{1}{2 \times \pi \times r_1 \times h}$$

$$= \frac{1}{2 \times 3,14 \times 0,012 \times 3,5 \times 159}$$

$$= \frac{1}{41,93}$$

$$= 0,023 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \pi L K_1} = \frac{\ln\left(\frac{0,017}{0,012}\right)}{2 \times 3,14 \times 3,5 \times 79,5}$$

$$= \frac{\ln(1,4)}{1747,41}$$

$$= 0,000192 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2 \pi L K_2} = \frac{\ln\left(\frac{0,027}{0,017}\right)}{2 \times 3,14 \times 3,5 \times 0,02}$$

$$= \frac{\ln(1,58)}{0,440}$$

$$= \frac{0,457}{0,440}$$

$$= 1,04 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

Jadi nilai kehilangan panas (q) adalah

$$q = \frac{2\pi.L(T_i - T_\infty)}{R_{\text{total}}} = \frac{2 \times 3,14 \times 3,5 (49,99 - 28,48)}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{21,98 (21,51)}{0,023 + 0,000192 + 1,04} = \frac{472,78}{1,063} = 444,76 \text{ W}$$

3 .Menentukan nilai kehilangan panas (q) pada pipa 1 temperatur 50°C isolasi 12 mm

$$q = \frac{2\pi.L(T_i - T_\infty)}{R_{\text{total}}}$$

dimana $R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3$

$$R_1 = 0,023 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$R_2 = 0,000192 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2 \pi L K_2} = \frac{\ln\left(\frac{0,027}{0,017}\right)}{2 \times 3,14 \times 3,5 \times 0,02}$$

$$= \frac{\ln(1,588)}{0,440}$$

$$= \frac{0,462}{0,440}$$

$$= 1,05 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

Jadi nilai kehilangan panas (q) adalah

$$q = \frac{2\pi.L(T_i - T_\infty)}{R_{\text{total}}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \times 3,14 \times 3,5(50,0-32,5)}{R1+R2+R3} \\
 &= \frac{21,98(17,5)}{0,023+0,000192+1,05} \\
 &= \frac{384,65}{1,073} \\
 &= 358,4 \text{ W}
 \end{aligned}$$

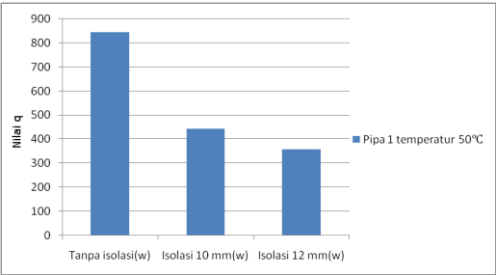
Dengan perhitungan rumus yang sama maka didapatkan nilai laju perpindahan panas atau nilai q pada pipa 1 dan pipa 2 pada tabel dibawah ini :
Tabel 3.2 : Nilai q pada Pipa 1 pada perhitungan teoritis

Temp (°C)	Tanpa isolasi (W)	Isolasi 10 mm (W)	Isolasi 12 mm (W)
50	846,10	444,76	358,48
60	1211,69	649,88	532,19
70	1530,95	818,82	694,63

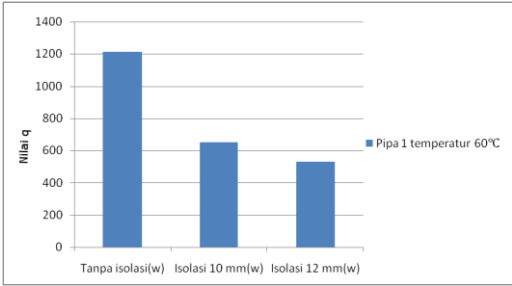
Tabel 3.3 : Nilai q pada Pipa 2 pada perhitungan teroitis

Temp (°C)	Tanpa isolasi (W)	Isolasi 10 mm (W)	Isolasi 12 mm (W)
50	245,98	57,30	49,67
60	352,11	85,21	55,58
70	425,45	86,32	69,51

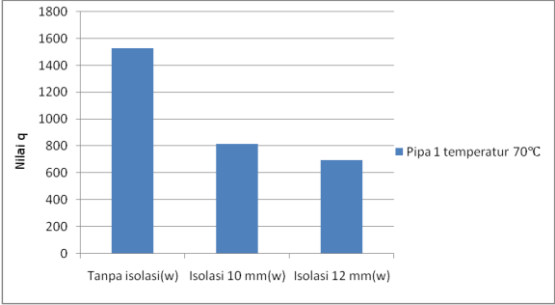
Berdasarkan perhitungan rumus diatas diketahui bahwa nilai kehilangan panas *loos thermal* tanpa isolasi lebih besar nilainya dibandingkan dengan isolasi 10 mm,seandainya nilai isolasi 10 mm lebih besar kehilangan panas dari pada isolasi 12 mm.
Berikut adalah grafik laju perpindahan panas (q) baik itu tanpa isolasi, isolasi 10 mm, isolasi 12 mm pada pipa 1 dan pada pipa 2.
Pipa 1 :



Gambar 3.4 : Grafik Pipa 1 untuk nilai q secara teoritis pada temperatur 50°C

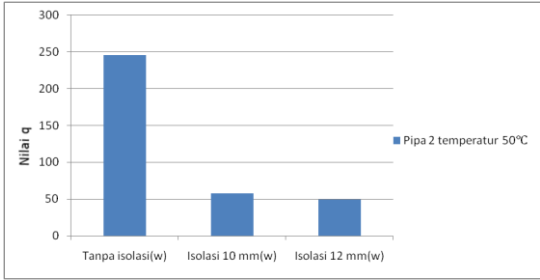


Gambar 3.5 : Grafik Pipa 1 untuk nilai q secara teoritis pada temperatur 60°C

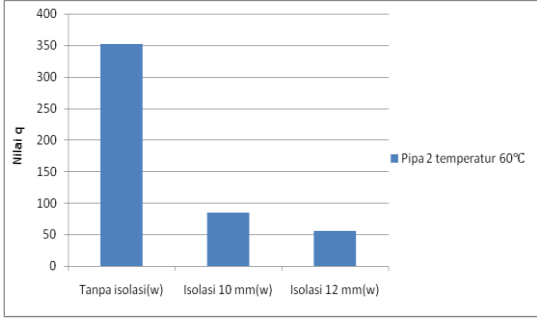


Gambar 3.6 : Grafik Pipa 1 untuk nilai q secara teoritis pada temperatur 70°C

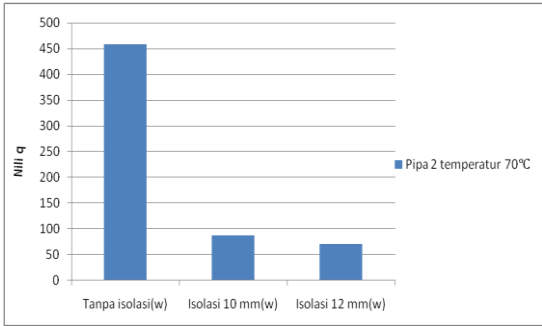
Pipa 2 :



Gambar 3.7 : Grafik Pipa 2 untuk nilai q pada temperatur 50°C



Gambar 3.8 : Grafik Pipa 2 untuk nilai q pada temperatur 60°C



Gambar 3.9 : Grafik Pipa 2 untuk nilai q Pada temperature 70°C

Dari grafik diatas berdasarkan rumus terlihat bahwa tanpa isolasi nilai kehilangan panas atau nilai q besar sedangkan dengan isolasi 10 mm kehilangan

panas menjadi turun begitupula dengan isolasi 12 mm nilai q semakin turun.

4. KESIMPULAN

1. Pada penelitian dengan temperatur tetap 50°C tanpa isolasi nilai q sebesar 282,37 W. Isolasi 10 mm 134,98 W. Isolasi 12 mm 44,07 W.
2. Pada temperatur tetap 60°C tanpa isolasi nilai q sebesar 319,56 W. Isolasi 10 mm 154,27 W. Isolasi 12 mm 45,45 W.
3. Pada temperatur tetap 70°C tanpa isolasi nilai q sebesar 502,75 W. Isolasi 10 mm 395,31 W. Isolasi 12 mm 388,43 W.
4. pada penelitian pipa 2 dengan *Heater* temperatur tetap 50°C tanpa isolasi nilai q sebesar (-283,74) W, Isolasi 10 mm (-148,76) W. Isolasi 12 mm (-95,04) W.
5. Pada temperatur tetap 60°C tanpa isolasi nilai q (-282,37) W. Isolasi 10 mm (-143,25) W. Isolasi 12 mm (-128,1) W.
6. Pada temperatur tetap 70°C tanpa isolasi (-241,04) W. Isolasi 10 mm (-223,14) W. Isolasi 12 mm (-157,02) W.
7. 2 . Pada penelitian *isolasi thermal* dengan Isolator *Polyurethane*, maka disimpulkann bahwa isolasi 12 mm yang paling optimal dalam menjaga suhu *fluida* dalam pipa.
8. *loos thermal*.

5. DAFTARPUSTAKA

1. Kern, D. Q., “ *Process Heat Transfer* “ , International Student Edition, McGraw Hill Kogakusha, Ltd., New York.
2. Holman, J.p., “ *Heat Transfer* “ sixth edition, McGraw Hill, td., New York 1986.
3. Mikheyev, M., “ *Fundamentals of Heat Transfer* “ , Jhon Willey & Sons Inc New York, 1986.
4. Incopera De Witt, “ *Fundamentals of Heat Transfer* “ , Jhon Willey & Sons Inc., New York, 1981.
5. Ozisik, “ *Heat Tranfer, a basic approach* “ , 1984.
6. McAdams, W.H., “ *Heat Transmision* “ , 3rd edition, McGraw Hill Book Company , Inc., New York.
7. Abbor Michael, 1979, “ *Termodinamika* “ edisi 2, Jakarta, Erlangga.
8. Donald. R, 1997. “ *Perpindahan Kalor* ” , Jakarta, Erlangga.
9. F. Kreith. 1994. “ *Prinsip Perpindahan Panas* “ . Jakarta. Erlangga.
10. <http://www.pipeflowcalculations.com/tables/water.php>
11. https://neutrium.net/fluid_flow/absolute-roughness/
12. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/thrcn.html>